

# Rekayasa Desain dan Analisis Struktur Perangkat Dasar Laut Ocean Bottom Unit (OBU) untuk INA – TEWS

**Wibowo. H. Nugroho<sup>1\*</sup>, Nanang. J. H. Purnomo<sup>1</sup>, Ogi Ivano<sup>2</sup>, S. Handoyo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Pusat Teknologi Rekayasa Industri Maritim, BPPT, Kompleks ITS Sukolilo, Surabaya, Indonesia

<sup>2</sup>Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur, BPPT, Kompleks Puspiptek, Serpong Tangerang

Article history: Recieved 23/11/2016 Revised 12/12/2016 Accepted : 25/12/2017

## ABSTRAK

Paper ini secara ringkas menjelaskan desain dan analisis struktur unit dasar laut (OBU) sebagai pasangan pelampung (buoy) permukaan untuk mendeteksi dini kejadian tsunami. Pekerjaan rekayasa ini seperti juga konstruksi laut lainnya yang didasarkan pada bidang teknik perkapalan. Langkah pertama yang dilakukan adalah pembuatan konsep desain OBU kemudian perhitungan stabilitas dilakukan, dan langkah terakhir adalah perhitungan kekuatan struktur untuk kasus beban hidrostatik dan beban dampak pada saat OBU mendarat di dasar laut yang berkedalaman sekitar 2000m

**Kata Kunci:** Ocean Bottom Unit, struktur OBU, peringatan dini tsunami

## ABSTRACT

*This paper briefly describes the design and analysis of the structure of ocean bottom units (OBU) as a pair of surface buoys to detect tsunami early. This engineering work such as any other marine construction is based on naval architecture. The design concept OBU is firstly made then the stability calculation is conducted, finally the structural strength is calculated for load case of hydrostatic and impact as the OBU landed on approximately 2000m of ocean depths.*

**Keywords :** Ocean Bottom Unit, OBU structure, tsunami early warning



**Wibowo H. Nugroho**, lulus Sarjana Teknik Perkapalan (Ir/1990) dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, Msc (1994) di bidang Engineering Mathematics, dari University of Newcastle, Newcastle Upon Tyne, The United Kingdom. Dan PhD (2002) di

bidang Smart Structure / Mechanical Engineering, Monash University, Melbourne, Australia. Saat ini bekerja sebagai Perekraya pada Pusat Teknologi Rekayasa Industri Maritim, BPP Teknologi Surabaya. Penulis juga menjadi staf pengajar tidak tetap Teknik Mesin pada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Bidang penelitian yang diminati adalah dinamika struktur dengan berbagai aplikasi rekayasa seperti prediksi beban dinamis pada wahana permukaan dan bawah air, prediksi kerusakan struktur, getaran struktur kapal, serta desain buoy tsunami/seismik dan unit dasar laut.



**Nanang JH Purnomo, ST.**, lulus D3 Politeknik Perkapalan Surabaya dengan Jurusan Teknik Bangunan Kapal tahun 1998. Lulus S1 Lintas Jalur tahun 2003 di Jurusan Teknik Perkapalan ITATS Surabaya. Saat ini bekerja sebagai Perekraya pada Pusat Teknologi Rekayasa Industri Maritim, BPP

Teknologi Surabaya. Bidang penelitian yang diminati adalah hidrodinamika eksperimen dan numerik.

## PENDAHULUAN

Dengan terjadinya bencana tsunami pada akhir Desember 2004 di Aceh[7]. Pemerintah Indonesia merasa perlu untuk membangun suatu sistem peringatan dini bencana tsunami secara nasional. Mulai pada akhir Juli 2006, seperti yang diperlihatkan pada

\*Corresponding author.

E-mail address: [wibowo.harso@bppt.go.id](mailto:wibowo.harso@bppt.go.id), Telp. (+62)817315759

Peer reviewed under responsibility of Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

© 2017 Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, All right reserved,

This is an open access article under the CC BY license

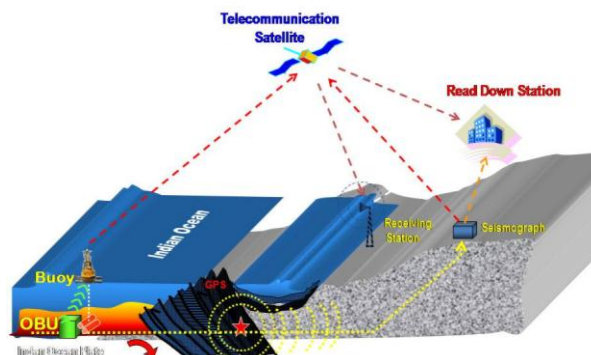
(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Gambar 1, BPPT melalui program INA – TEWS melakukan disain, uji model dan pembangunan dari badan buoy (buoyhull) dan Ocean Bottom Unit (OBU). Pada sistem ini tsunami buoy akan berpasangan dengan OBU untuk mendeteksi dini kejadian tsunami. Cara kerja secara singkat dari sistem ini dapat diterangkan sebagai berikut peristiwa gempa di dasar laut sebelum terjadinya tsunami akan dirasakan oleh OBU berdasarkan perubahan tekanan dalam air yang kemudian akan mengirim hasil pembacaan gempa tersebut ke Tsunami Buoy melalui sinyal akustik yang kemudian di kirim stasiun pemantau di darat melalui satelit. Hubungan (link) dari OBU – Buoy – Satelit berlangsung secara terus – menerus berkomunikasi[6]. OBU hasil desain ini akan mampu bertahan di dasar laut dengan kedalaman lebih dari 2000m di perairan Indonesia. OBU ini mendarat di kedalaman tersebut

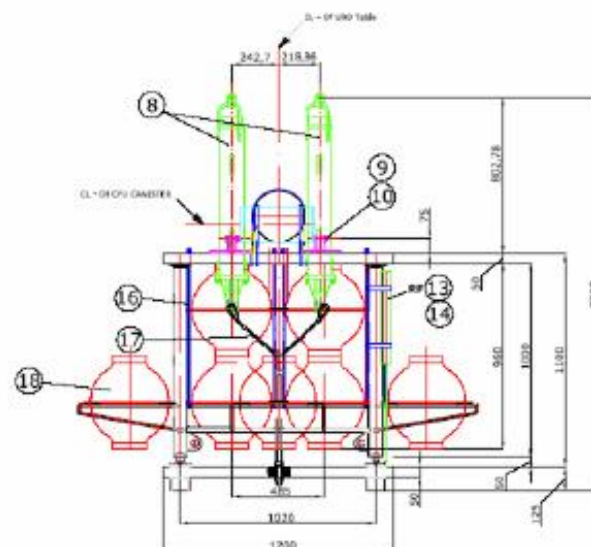
dengan cara meluncur dari atas dek kapal survey Baruna Jaya milik BPPT. Dan untuk keperluan perawatan OBU akan dapat kembali mengapung ke atas permukaan laut dengan mekanisma pelepasan yang dipicu oleh sinyal akustik (Acoustic release mechanism). Penulisan ini akan meliputi perhitungan dan analisa desain dari OBU.

## METODOLOGI

Metodologi dalam paper ini menggambarkan dasar pemikiran desain untuk merencanakan OBU dimana termasuk didalamnya adalah pemakaian struktur yang kuat serta mudah pembuatannya serta tata letak peralatan yang simetri seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Sistem INA-TEWS BPPT (OBU-Buoy-Satelite-RDS)



Gambar 2. Perangkat Dasar Laut (OBU) dimana mempunyai panjang (LOA) 1.350 m dan lebar (BOA)1.200 m , tinggi (LOA) 2,029 m dan berat total 1.220 KG[2]

Kemudian dalam operasinya OBU tersebut harus diketahui kecepatan mendaratnya serta dapat dideteksi keberadaannya di atas permukaan air. Untuk hal ini direncanakan OBU akan mengapung dalam kondisi

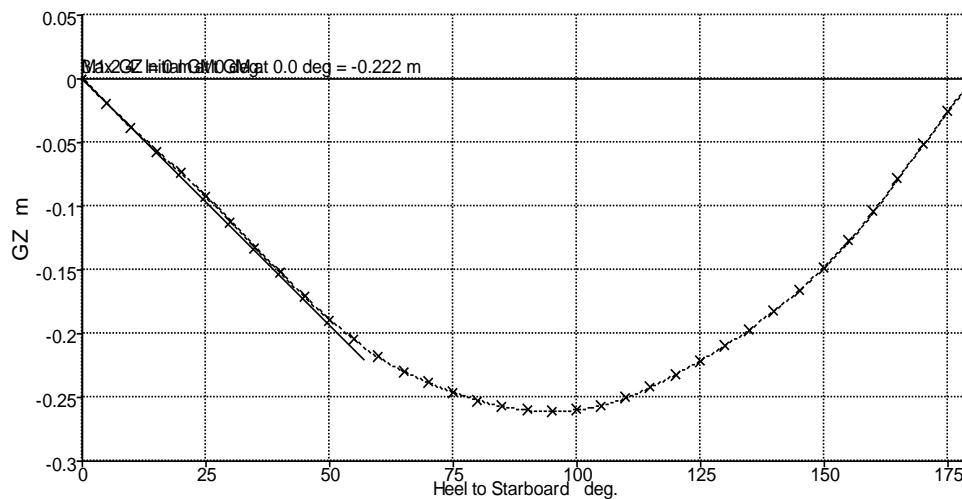
terbalik dari saat posisi beroperasi di dasar laut, sehingga perhitungan stabilitas harus menghasilkan nilai negatif sebagaimana diperlihatkan pada Gambar.3.

Pada perancangan OBU diperlukan struktur yang mampu menahan berat perangkat elektronik beserta casingnya dan perangkat sistem pelepasan akustik (acoustic release), struktur ini juga harus mampu menahan tekanan air laut yang mencapai 600 bar (60 Mpa) dan mampu bertahan pada kondisi air laut yang sangat korosif. Serta menghasilkan desain untuk sistem pelepasan agar seluruh peralatan elektronik dapat terangkat kembali ke permukaan laut. Untuk menahan atau mengurangi korosi yang terjadi pada struktur OBU, dipergunakan material komposit dengan resin yang tahan air laut untuk meja OBU, dan material alumunium untuk rangka pada meja dan stainless steel struktur sistem release. Untuk mampu bertahan pada tekanan 600 bar dipergunakan pipa alumunium dengan diberi lubang supaya tidak ada beban kompresi. Material titanium digunakan pada casing atau canister dari baterai dan cpu. Untuk menahan berat peralatan elektronik dan sistem release serta berat struktur sendiri, maka dilakukan perhitungan terhadap kekuatan pelat meja komposit. Sehingga cukup aman dengan ketebalan 15 mm tetapi faktor keamanan ditambahkan untuk faktor lingkungan laut sehingga meja komposit ketebalannya menjadi 25 mm.

Dengan struktur yang demikian, maka berat OBU keseluruhan menjadi 270 kg, sehingga floater yang dibutuhkan adalah dengan gaya angkat 350 kg. Sistem release dibuat sedemikian rupa sehingga tidak tersangkut ketika dilakukan pelepasan kembali OBU ke permukaan laut. Pemasangan kait pada sistem release

dilakukan secara mekanik. Pemberat konstruksi OBU ini dibuat dengan sekitar 2 kali gaya apung dari pelampung OBU, agar lebih stabil berada didasar laut. Proses pemasangan dan pemindahan OBU dibuat sedemikian rupa sehingga tidak merusak peralatan elektronik. Tata letak peralatan elektronik dan sistem pelepasan diatur sedemikian rupa sehingga titik berat struktur masih berada pada titik tengah dimensi. Sebelum dilakukan pembuatan pelat meja, material komposit diuji mekanik terlebih dahulu. Selain itu untuk memastikan kelangsungan konektifitas kabel kabel peralatan elektronik, dilakukan pula uji getar.

Perangkat penting pada ocean bottom unit (OBU) terdiri dari sensor-sensor pendeteksi tsunami yang ditempatkan di dasar laut. Perancangan yang tepat khususnya peletakkan peralatan OBU sangat dibutuhkan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4. Posisi titik berat, girasi dan momen inersia merupakan informasi yang penting untuk mendapatkan OBU yang stabil saat diluncurkan ke dasar laut dalam. Pada Tabel 1 diperlihatkan komponen muatan dari OBU dan untuk hasil perhitungan momen inersia diperlihatkan pada Tabel 2. Gambar 5 memperlihatkan prototipe dari OBU hasil desain tim perekayasa INA-TEWS-BPPT, sedangkan pada Gambar 6 diperlihatkan OBU tersebut sedang saat posisi mengapung dipermukaan laut setelah 2 bulan berada di dasar laut untuk keperluan perawatan rutin.



Gambar 3. Kurva stabilitas OBU[2]

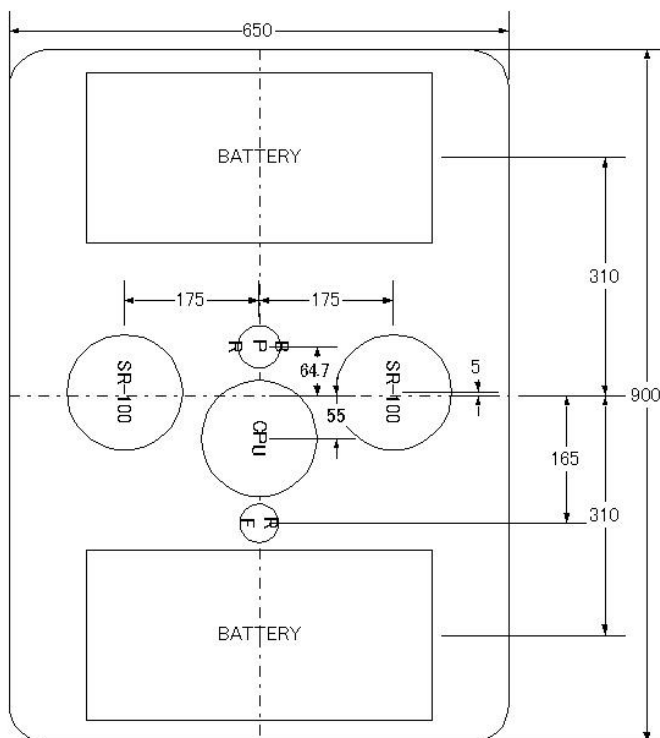
Tabel 1. Komponen OBU[2]

No.	Komponen	Dimensi (mm)			Keterangan
		a	B	c	
1	Battery		220 (dia)	450	tabung
2	Battery		221 (dia)	450	tabung
3	CPU		150 (dia)	300	tabung
4	SR-100		150 (dia)	1143	tabung
5	SR-100		150 (dia)	1143	tabung
6	Rf700A1		50 (dia)	472.4	tabung
7	Paros CB-8		55.1 (dia)	275	tabung

Tabel 2. Perhitungan momen inersia dan jari-jari girasi[2]

	m	X	Y	l <sub>zy</sub>	l <sub>zx</sub>	l <sub>yy</sub> =l <sub>zy</sub> +mX <sup>2</sup>	l <sub>xx</sub> =l <sub>zx</sub> +mY <sup>2</sup>
Battery	7.2	0	310	43560	143280	43560	835200
Battery	7.2	0	-310	43560	143280	43560	835200
CPU	5	0	55	44531.25	44531.25	44531.25	59656.25
SR-100	45.3	175	-5	4995548	4995548	6382861	4996680.6
SR-100	45.3	-175	-5	4995548	4995548	6382861	4996680.6
Rf700A1	1.6	0	165	30004.9	30004.9	30004.9	73564.90133
Paros CB-8	1.33	0	-64.7	8634.139	8634.139	8634.139	14201.63886
	<b>112.9</b>					<b>12936012.29</b>	<b>11811183.99</b>

k <sub>yy</sub> (mm)	k <sub>xx</sub> (mm)
Sqrt(l <sub>yy</sub> /m)	Sqrt(l <sub>xx</sub> /m)
<b>338.450800</b>	<b>323.40152</b>



Gambar 4. Skema penempatan komponen OBU[2]



Gambar 5. Perangkat dasar laut OBU[2]



Gambar 6. OBU saat mengapung di permukaan laut setelah beroperasi di dasar laut[2]

## HASIL

Pada bagian ini akan diperlihatkan hasil dari analisa struktur OBU melalui metode elemen hingga karena beban hidrostatis dan beban dampak saat mendarat di dasar laut serta hasil uji tarik terhadap material utama dari konstruksi OBU ini yaitu meja komposit (fiber glass dengan penguatan serat karbon).

Secara garis besarnya untuk konstruksi struktur OBU dipilih rangka aluminium dengan lubang di beberapa bagian untuk menyamakan tekanan yang terjadi di rangka tersebut, sehingga peristiwa tekuk (buckling) oleh tekanan air laut dapat dihindari dan hanya menerima beban muatan dari OBU itu sendiri yang diterima oleh meja OBU.

Oleh sebab itu pada komponen meja OBU ini dilakukan perhitungan kekuatan struktur dengan metoda elemen hingga. Perhitungan kekuatan meja struktur dilakukan saat OBU mengapung di permukaan air dan saat mendarat di dasar laut dengan beban dampak yang didekati sesuai dengan kecepatan jatuhnya. Kecepatan jatuh OBU dapat diprediksi dengan kesetimbangan antara berat OBU yang terendam dengan gaya tahanannya dalam bentuk formula dapat ditulis sebagai berikut[3]:

$$mg - \left(\frac{1}{2}\right)\rho C_d A V^2 = m \frac{dV}{dt} \quad (1)$$

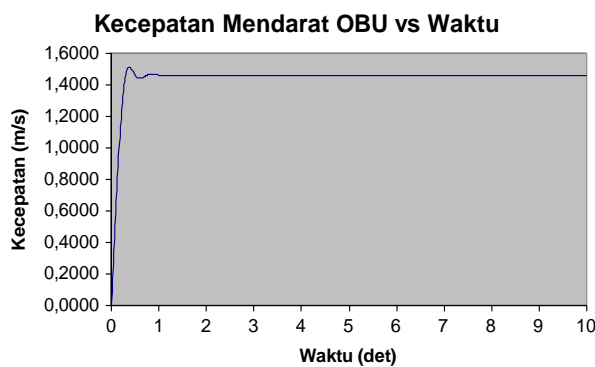
dimana;

m = massa dalam air dari OBU (kg)

V = kecepatan jatuh OBU dalam (m/det),

Cd = koefisien tahanan

A = luasan permukaan OBU dalam arah normal dari gerakan OBU.



Gambar 7. Prediksi kecepatan mendarat dari OBU [2]

Hasil perhitungan kecepatan OBU saat mendarat di dasar laut diperlihatkan pada Gambar 7 di atas. Dimana kecepatan mendarat OBU sebesar 1.4 m/det, secara konstant karena mendapatkan hambatan dari air.

Material utama konstruksi meja OBU ini dipilih marine fiberglass dengan pertimbangan kemampuan melawan korosi yang tinggi, serta beratnya yang ringan untuk mendapatkan volume muatan dibanding baja.

Untuk penggunaan bahan fiberglass ini diberlakukan persyaratan ketat aturan Germanischer Lloyd (GL) 2006 yang diperlihatkan Tabel 1. Bahan fiberglass ini dirangkai dengan menggunakan resin btqn45, strand mat: 450 dan roving 600 serta serat karbon. Analisa kekuatan struktur meja OBU diperlukan dengan melakukan perhitungan tegangan maksimum yang terjadi, dalam hal ini perhitungan tegangan langsung primer pada struktur meja OBU dapat didekati dengan cukup realistis dengan konsep balok equivalent. Penurunan persamaan-persamaan tegangan dan lendutan dengan teori balok elementer (balok Bernoulli-Euler)[5] dapat diperoleh dari banyak buku mengenai kekuatan bahan, dan di sini akan dibahas secara ringkas. Hasil terpenting dalam kerangka perhitungan kekuatan adalah hubungan antara tegangan memanjang meja OBU yang bekerja di bidang pelat dengan momen lengkung yang bekerja di sebuah titik (x,z) pada panjang meja OBU M (x)[1]:

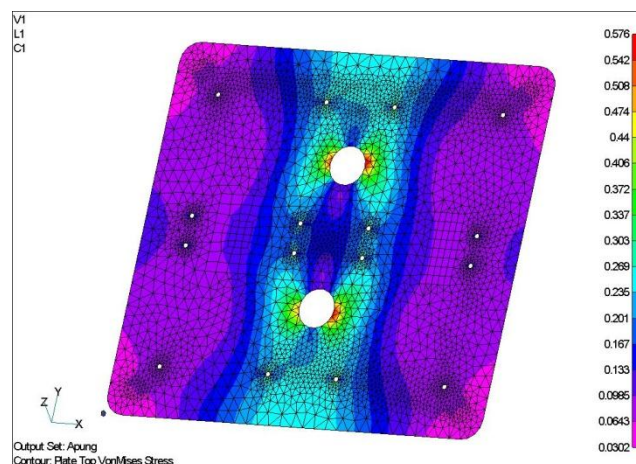
$$\sigma_x = -\frac{M(x)z}{I} \quad (2)$$

Dimana z adalah jarak meninggi titik yang ditinjau pada x, dan I adalah momen inersia keseluruhan penampang melintang struktur buoy (lihat Gambar 4) di titik x dihitung terhadap sumbu netral melintang kapal tempat titik berat keseluruhan penampang melintang meja OBU tersebut berada. Jelas, bahwa tegangan-tegangan ekstrem terjadi pada serat teratas atau terbawah pada balok, yaitu saat z memiliki harga-harganya yang terbesar zmax. Besaran (I/z)max disebut modulus penampang balok di titik x (tepatnya bidang melintang yang melalui titik x). Pada kasus meja OBU ini tegangan maksimum yang terjadi tidak boleh melebihi dari tegangan material fiberglass yang telah dipersyaratkan pada Tabel 1. Perencanaan & Perhitungan kekuatan meja OBU berbahan material fiberglass ini dilakukan berdasarkan aturan biro klasifikasi GL 2006 untuk fiberglass boat di bawah 24 m, hal ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa struktur meja OBU harus dapat bertahan terhadap beban – beban lingkungan di laut lepas seperti gelombang, arus dan angin, kemudian seperti layaknya bangunan kelautan lainnya faktor keamanan dari struktur juga ditambahkan. Selain itu sebagai bahan perbandingan dilakukan juga analisa dengan menggunakan metode elemen hingga, dimana hasil yang didapat mendukung hasil perhitungan dengan menggunakan aturan klasifikasi bangunan laut. Hasil pemodelan elemen hingga dalam unit MPa terhadap kondisi meja OBU saat mengapung berupa distribusi tegangan yang diperlihatkan oleh Gambar 8. Sedangkan distribusi tegangan yang terjadi pada meja OBU saat mendarat di dasar laut diperlihatkan pada Gambar 9.

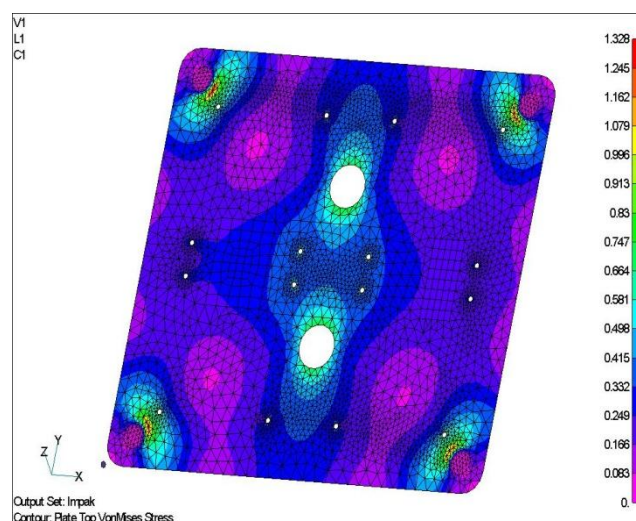


Tabel 3. Persyaratan Material Fiberglass untuk meja OBU [4]

Mechanical properties of basic laminate (minimum values)		$\frac{N}{mm^2}$
Tensile strength (fracture)	$\sigma_{zB}$	85
Young's modulus (tension)	$E_z$	6350
Flexural strength (fracture)	$\sigma_{bB}$	152
Compressive strength (fracture)	$\sigma_{dB}$	117
Shear strength (fracture)	$\tau_B$	62
Shear modulus	$G$	2750
Interlaminar shear strength	$\tau_{ib}$	17
Specific thickness	=	0.70 mm per 300 g/m <sup>2</sup> glass reinforcement
Glass content by weight $\Psi$	=	0.30



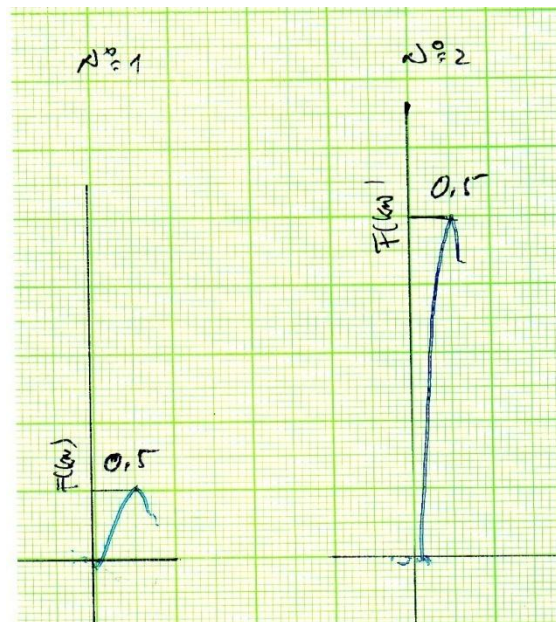
Gambar 8. Distribusi tegangan saat mengapung[2]



Gambar 9. Distribusi tegangan saat mendarat di dasar laut[2]



Gambar 10. Proses uji tekuk spesimen fiberglass [2]



Gambar 11. Hasil Uji tekuk Spesimen Fiberglass [2]

Hasil pemodelan elemen hingga diatas digunakan sebagai dasar penentuan beban tegangan yang akan terjadi pada meja OBU. Hal ini akan dibandingkan dengan hasil pengujian tekuk pada spesimen fiberglass dari meja OBU yang dilakukan di B2TKS-BPPT. Proses pengujian tekuk menggunakan metode “Three Point Bending” yang diperlihatkan pada Gambar 10. Dan Gambar 11 memperlihatkan hasil uji tekuk tersebut. Dari sini diperoleh bahwa bahan fiberglass dari meja OBU telah memenuhi kriteria yaitu 152 Mpa diatas 85Mpa yang dipersyaratkan.

## KESIMPULAN

Penulisan ini menunjukkan telah diterapkan prinsip dasar dari teknik perkapalan untuk melakukan desain OBU tsunami asli Indonesia( indigenous) yang mampu bertahan di dasar laut pada kedalaman air sekitar 2000 m. Dengan melakukan desain OBU yang sesuai kaidah kerekayasaan di atas diharapkan OBU tersebut dapat

bertahan lama dalam melakukan tugasnya di dasar laut perairan laut dalam Indonesia

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih sebesar-besarnya kepada BPPT melalui Bateksurla atas bantuan dana penelitian Rancang Bangun dan Operasionalisasi Tsunami Buoy Indonesia TA. 2008. Khususnya juga kepada rekan Moh Soleh (Alm) dari UPT – BPPH dan Bpk Jaspriyono (Alm) dari B2TKS yang sangat aktif ikut serta mendesain ocean bottom unit (OBU) ini.

## REFERENSI

- [1] Anderson AT and Tracy MC,” Marine Engineering”, section of 11.3 of Marks’ Standard handbook for Mechanical Engineers, 9th edition

- [2] Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, "Laporan Teknis Rancang Bangun dan Operasionalisasi Tsunami Buoy Indonesia", 2008
- [3] Chapra, S.C. & Canale R.P., "Numerical Method For Engineers", Mc Graw - Hill book Company 1989.
- [4] Germanischer Lloyd, " Rules and Guide lines 2006",
- [5] Rosyid DM, Setyawan D, " Kekuatan Struktur Kapal – Rancang Bangun, Beban – Respon, Analisa Keandalan Struktur Kapal ", Pradnya Paramitha. 2004.
- [6] Wibowo HN, Samudro, Sahlan RB, " Aplikasi Teknologi Kelautan untuk Merekayasa Buoy Seawatch sebagai Buoy TEWS – Indonesia(in Indonesian), SENTA 2007, ITS, Surabaya-Indonesia, 2007.
- [7] Wibowo HN, " Rancang Bangun Surface Buoy-hull INA – TEWS BPPT", Pertemuan Ilmiah Tahunan Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia VI (PIT-ISOI), IPB International Conventional Center (Botani Square), Bogor, 16-17 November 2009